(E) ISSN: 3030-3214
Volume 2, № 4-1
2024

UO‘K: 621.1 10.70769/3030-3214.SRT.2.4-1.2024.8

PIROLIZ REAKTORINING QOVURG‘ALI SIRTI ORQALI ISSIQLIK UZATISH SAMARADORLIGINI HISOBLASH

Uzoqov G‘ulom Norboyevich
Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti professori, t.f.d., Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: uzoqov66@mail.ru
ORCID ID: 0009-0005-7386-8075

Rustamov Suhrob Shuhrat o‘g‘li
Buxoro muhandislik-texnologiya instituti assistenti, Buxoro, O’zbekiston
E-mail: suxrob-zam@mail.ru
ORCID ID: 0009-0007-2734-9922

Annotatsiya. *Ushbu maqolada biomassani piroliz usulida termik qayta ishlash qurilmasining issiqlik parametrlari hisoblangan. Shuningdek, piroliz jarayonidagi 500-600℃ haroratdagi tutun gazining chiqib ketishida, piroliz reaktoridagi qovurg’ali sirtlardagi harakati va reaktor tashqi devoridagi suv qozoniga ko’rsatadigan ta’siri o’rganilgan. Bioreaktor "quvurdagi quvur" tipida yasalgan bo‘lib, uning ichki quvurida biomassaning pirolizi sodir bo‘ladi va tashqi quvurda suv atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlik hisobiga isitiladi. Shu bilan birga, reaktorning ichki quvuri biomassani termal qayta ishlab gazsimon yoqilg‘i olish imkonini beradi, qozonning tashqi quvuridagi issiqlik esa iste’molchilarni isitish tizimini issiq suv bilan ta’minlash muammosini hal qiladi. Taklif qilingan qurilma qishloq xo’jalik biomassa chiqindilarini termik qayta ishlab, avtonom iste’molchilarni bir vaqtda muqobil yoqilg’ilar hamda issiqlik energiyasi bilan ta’minlash imkonini beradi.*

Kalit so‘zlar: *reaktor, biomassa, qovurg‘ali sirt, tutun gazi, suv, issiqlik uzatish, oqim.*

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ЧЕРЕЗ РЕБРИСТУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ПИРОЛИЗНОГО РЕАКТОРА

Узаков Гулом Норбоевич
д.т.н., проф.-Каршинского инженерно-экономического института, Карши, Узбекистан

Рустамов Сухроб Шухрат угли
Ассистент Бухарский инженерно-технологический института, Бухара, Узбекистан

Аннотация. *В данной статье рассчитаны тепловые параметры установки термической переработки пиролиза биомассы. Также исследовано течение дымовых газов с температурой 500-600℃ в процессе пиролиза, его движение по ребристым поверхностям реактора пиролиза, воздействие на водогрейный котел на внешней стенке реактора. Биореактор выполнен по типу «труба в трубе», в его внутренней трубе происходит пиролиз биомассы, а во внешней трубе происходит нагрев воды за счет тепла, теряемого в окружающую среду. При этом внутренняя труба реактора позволяет получать газообразное топливо путем термической переработки биомассы, а тепло во внешней трубе котла решает задачу обеспечения потребителей горячей водой в системе отопления. Предлагаемое устройство термически перерабатывает отходы сельскохозяйственной биомассы и обеспечивает автономных потребителей тремя видами альтернативного топлива и тепловой энергией одновременно.*

Ключевые слова: *реактор, биомасса, ребристая поверхность, дымовые газы, вода, теплообмен, поток.*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 2, № 4-1
2024

CALCULATION OF THE EFFICIENCY OF HEAT TRANSFER THROUGH THE RIBBED SURFACE OF THE PYROLYSIS REACTOR

Uzakov Gulom Norboevich
DcS, prof. of Karshi Engineering-Economics Institute, Karshi, Uzbekistan

Rustamov Suhrob Shuhrat ogli
Assistant of Bukhara Engineering Technology Institute, Bukhara, Uzbekistan

Abstract. *In this article, the thermal parameters of the biomass pyrolysis thermal processing device were calculated. Also, the flow of flue gas at a temperature of 500-600 °C during the pyrolysis process, its movement on the ribbed surfaces of the pyrolysis reactor, and its effect on the water boiler on the outer wall of the reactor were studied. The bioreactor is made of the "pipe in a pipe" type, pyrolysis of biomass takes place in its inner pipe, and water is heated in the outer pipe due to the heat lost to the environment. At the same time, the internal pipe of the reactor allows obtaining gaseous fuel by thermal processing of biomass, and the heat in the external pipe of the boiler solves the problem of providing consumers with hot water in the heating system. The proposed device thermally processes agricultural biomass waste and provides autonomous consumers with alternative fuels and thermal energy at the same time.*
Keywords: *reactor, biomass, ribbed surface, flue gas, water, heat transfer, flow.*

Kirish. Jahonda hozirgi kunda energiya tejamkor texnologiyalardan foydalanish, istemolchilarni avtonom energiya ta’minoti bilan ta’minlash hamda energetika tizimi ishonchliligini oshirirish zarur muammolardan biri hisoblanadi. Rivojlanayotgan taraqqiyot davrida tabiiy resurslarning kamayib borishi va ularni qazib olish, tashish, istemolchilarga yetkazib berish ishlari dunyo miqyosida global muammolardan biri hisoblanadi. Energetika muammolarini hal etadigan yechimlar yangi texnologiyalarni joriy etish, biomassadan olinadigan yangi turdagi yoqilg‘i turlarini ishlab chiqish va bioenergiya yo‘nalishini rivojlantirish hisoblanadi [1]. Mamlakatimizda ishlab chiqarilayotgan energiyaning asosiy qismi tabiiy resurslarni yoqish orqali amalga oshiriladi. Ushbu yoqilg‘ilarni tejash, kelajak avlodga yetkazish masalalari ko‘plab olimlar o‘rtasida bahs munozaraga sabab bo‘lmoqda. Energetika sanoatida energetik yoqilg‘ilarni arzon va xavfsiz ishlab chiqarish utuvor yo‘nalishlardan biri hisoblanadi [2]. Shu sababli energetik yoqilg‘ilarni, qishloq xo‘jaligi va sanoat chiqindilaridan ishlab chiqarish hozirgi zamon talabiga mos bo‘ladi [3].

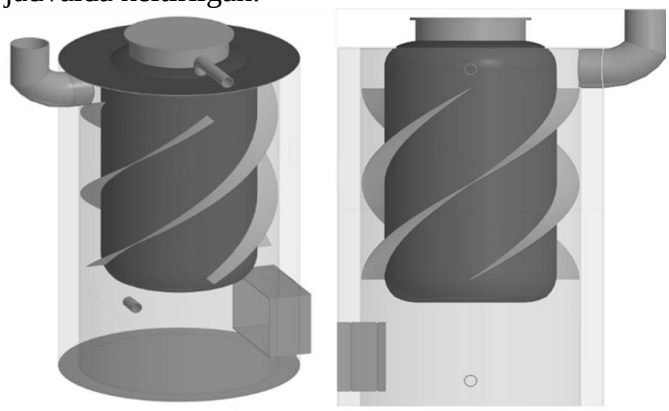
Adabiyotlar tahlili va metodlar. Ushbu sohadagi turli nazariy va amaliy masalalrga ko‘p sonli ilmiy monografiyalar va maqolalar bag‘ishlangan. Bioenergetik qurilmalardagi issiqlik balansini va issiqlik uzatish koeffitsiyentlarini tadqiqot qiish bo‘yicha Sh.J.Imomov, G‘.N.Uzoqov, R.M.Gabitov, R.T.Rabbimov, S.K.Popov, M.A.Taymarov kabi olimlar tomonidan bir qancha tadqiqotlar o‘tkazilgan va salmoqli natijalarga erishilgan.

Piroliz qurilmasi yordamida biomassadan muqobil yoqilg‘ilar va issiqlik energiyasi ishlab chiqarish imkoni mavjud bo‘lib, avtonom iste’molchilarni energiya hamda yoqilg‘i bilan ta’minlash uchun qurilma reaktor, kondensator, separator, adsorber, gazgolder, isitish batareyalari, ichki yonuv dvigatelli-elektrogenerator va saqlash idishini o‘z ichiga olgan. Bioreaktor “quvurdagi quvur” tipida yasalgan bo‘lib, uning ichki quvurida biomassaning pirolizi sodir bo‘ladi va tashqi quvurda suv atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlik hisobiga isitiladi [11-12]. Shu bilan birga, reaktorning ichki quvuri biomassani termal qayta ishlab gazsimon yoqilg‘i olish imkonini beradi [10]. Qozonning tashqi quvuridagi issiqlik esa iste’molchilarni isitish tizimini issiq suv bilan ta’minlash muammosini hal qiladi [6]. Piroliz reaktori va suv quvuri oralig‘i ya’ni reaktorning tashqi sirtida α burchak ostida qiyalashtirilgan parmasimon issiqlik yo‘naltiruvchi plastinkalar o‘rnatilgan bo‘lib, bu sirtlar reaktorga berilayotgan haroratni maksimal saqlab qolish, tekis taqsimlash hamda tashqi muhitga yo‘qotiladigan issiklikni kamaytirish vazifasini bajaradi 1-rasm.

Tadqiqotning maqsadi – piroliz reaktorining tashqi sirtida qo‘shimcha qilingan qovurg‘ali konstruksiyaning issiqlik uzatish jarayonidagi parametrlarga ta’sirini o‘rganishdan iborat. Piroliz

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 2, № 4-1
2024

reaktorining issiqlik – texnik parametrlari 1-jadvalda keltirilgan.



1-rasm. Takomillashtirilgan bioreaktorning konstruktiv tuzilishi.

1-jadval

Piroliz reaktorining issiqlik – texnik parametrlari

Parametrlar	Belgilanishi	Qiymati
Tutun gazining kirish harorati	t'_{tut}	500 ÷ 600 ℃
Tutun gazining chiqish harorati	t''_{tut}	180 ÷ 160 ℃
Suvning kirish harorati	t'_{suv}	30 ℃
Suvning chiqish harorati	t''_{suv}	90 ℃
Tutun gazining sarfi	G_{tut}	$25\frac{m^3}{soat} = 0{,}007\frac{m^3}{s}$

Natijalar. Silindrsimon qovurg‘ali sirt orqali devorning tashqi tomoni issiqlik oqimi, quyidagi formula bilan hisoblanadi [4].

$$Q_q = k_q \cdot (t_q - t_s) \cdot F_q \quad (1)$$

bu yerda Q_q qovurg‘ali devor orqali uzatiladigan issiqlik oqimi, Vt;

$t_q va\ t_s$- issiq va sovuq suyuqliklar haroratlari , ℃ (K);

k_q– qovurg‘ali devor orqali issiqlik uzatish koeffitsiyenti, Vt / (m^2 K);

F_q – quvurdagi qovurg‘a yuzasi, m^2.

Qovurg‘ali devor orqali issiqlik uzatish koeffitsiyenti quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi [4]:

$$K_q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot \varphi} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2)$$

Bu yerda α_1 – quvurning tashqi qovurg‘ali yuzasida issiqlik berish koeffitsiyenti , Vt/(m^2 K);

α_2– quvurning ichki silliq yuzasida issiqlik berish koeffitsiyenti, Vt / (m^2 K);

$\varphi = \frac{F_q}{F} \geq 1$ – qovurg‘a koeffitsiyenti, F_q - qovurg‘ali sirt maydoni, m^2.

Piroliz reaktorining qovurg‘ali sirt maydoni:

$$F_q = \pi d_2 \left(l_q - \delta_q \cdot N\right) + \frac{N\pi(d_q^2 - d_2^2)}{2} \quad (3)$$

bu yerda d_2 - qanotli trubaning tashqi diametri, m; d_q - qovurg‘a diametri, m;

l_q- qovurg‘ali quvur uzunligi, m; N- qovurg‘a soni; δ_q- qovurg‘a qalinligi, m.

Qovurg‘ali quvurlarning ichki silliq yuzasining maydoni:

$$F = \pi d_1 \cdot l_q \quad (4)$$

bu yerda d_1 - qanotli trubaning ichki diametri, m.

issiqlik oqimi Q quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi [2]:

$$Q = G_{tut} \cdot c_{p_{tut}} \cdot (t'_{tut} - t''_{tut}) \quad (5)$$

bu yerda $G_{tut} = V_{tut} \cdot \rho_{tut}$ tutun oqimining sarfi, kg/s;

V_{tut} - issiq tutuning hajmli oqim tezligi, m3 / s; ρ_{tut} – tutun gazining zichligi, kg/m3; $c_{p_{tut}}$ – tutun gazining issiqlik sig‘imi, $\frac{J}{kg \cdot K}$;

Tutun gazining sarfini quyidagi tenglik orqali ham topish mumkin:

$$G_{tut} = \frac{G'_{tut}}{\rho_{tut}} \quad (6)$$

Tutun gazining o‘rtacha harorati:

$$t_{tut}^{o'rt} = \frac{t'_{tut} + t''_{tut}}{2} \quad (7)$$

Tutun gazi uchun Reynold soni quyidagicha topiladi:

$$Re_{tut} = \frac{\omega_{tut} \cdot d_{ekv}}{\upsilon_{tut}} \quad (8)$$

Tutun gazlarining oqim tezligi:

$$\omega_{tut} = \frac{G_{tut}}{N \cdot a \cdot b} \quad (9)$$

Tutun gazlari harakatlanadigan kanal ekvivalent diametri:

$$d_{ekv} = \frac{a \cdot b}{2(a+b)} \quad (10)$$

Issiqlik berish koeffitsiyentini hisoblash uchun Nusselt soni quyidagi formuladan foydalaniladi [5]:

$$Nu_{tut} = 1{,}55 \cdot (Re_{tut} \cdot Pr_{tut} \cdot \frac{d_{ekv}}{l})^{\frac{3}{2}} \cdot (\frac{\mu_{tut}}{\mu_{suv}})^{0{,}14} \cdot \epsilon_l \quad (11)$$

Bunda Reynolds soni:

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 2, № 4-1
2024

$\frac{l}{Re_{tut} \cdot d_{ekv}} < 0{,}1$ $\epsilon_l = 0{,}6(\frac{l}{Re_{tut} \cdot d_{ekv}})^{-\frac{1}{7}} \cdot (1 + 2{,}5 \cdot \frac{l}{Re_{tut} \cdot d_{ekv}})$ (12)

Agar Reynolds soni $\frac{l}{Re_{tut} \cdot d_{ekv}} \geq 0{,}1$, $\epsilon_l = 1$ qabul qilinadi [7].

Nusselt soni qiymatlari asosida issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi [8]:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_{tut} \cdot \lambda_{tut}}{d_{ekv}} \quad (13)$$

Qovurg‘ali piroliz reaktori atrofidagi suvning issiqlik-texnik parametrlarini hisoblash tartibi 2-jadvalda keltirildi.

issiqlik uzatish koeffitsiyentini hisoblaymiz:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = 9{,}1 \frac{Vt}{m^2 \cdot ℃}$$

Qovurg‘ali piroliz reaktoridan uzatilgan issiqlik miqdorini hisoblaymiz:

$$Q_q = K_q(t_{tut} - t_{suv}) \cdot F_q = 1758\ Vt$$

Qovurg‘asiz tekis yuzali piroliz reaktoridan uzatilgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz:

$$Q = K(t_{tut} - t_{suv}) \cdot F = 1091\ Vt$$

Olib borilgan tadqiqotlar davomida takomillashtirilgan piroliz reaktorining asosiy

2-jadval

Qovurg’ali piroliz reaktori atrofidagi suvning issiqlik-texnik parametrlarini hisoblash tartibi.

T/r	Parametr nomi	Belgilanishi	O‘lchov birligi	Hisoblash formulasi	Adabiyot nomeri
1	Reaktorda suvning qizishida olingan issiqlik	Q	Vt	$Q = G_{suv} \cdot c_{p_{suv}} \cdot (t''_{suv} - t'_{suv})$	[4]
2	Suvning o‘rtacha harorati	$t_{suv}^{o'rt}$	℃	$t_{suv}^{o'rt} = \frac{t'_{suv} + t''_{suv}}{2}$	[9]
3	Suvning massa bo‘yicha sarfi	G'_{suv}	$\frac{kg}{s}$	$G'_{suv} = \frac{Q}{c_{p_{suv}} \cdot (t''_{suv} - t'_{suv})}$	[5]
4	Suvning hajm bo‘yicha sarfi	G_{suv}	$\frac{m^3}{s}$	$G_{suv} = \frac{G'_{suv}}{\rho_{suv}};$	
5	Suv oqimining tezligi	ω_{suv}	$\frac{m}{s}$	$\omega_{suv} = \frac{G_{suv}}{a' + b'} = \frac{G_{suv}}{\pi a'(d_q + 2\delta_{suv})}$	[8]
6	Geometrik o‘lchamlari	a', b'	m	$a' = 0{,}04m$ $b' = \pi(d_q + 2\delta_{suv})$	
7	Ekvivalent diametr	d_{ekv}	m	$d_{ekv} = \frac{a' \cdot b'}{2(a' + b')}$	
8	Reley soni	Ra_s	-	$Ra_s = \frac{d_{exp}^3}{v_{suv}^2} \cdot \beta_{suv} \cdot \Delta t \cdot pr_s$	[7]
9	Nusselt soni	Nu_s	-	$Nu_s = 0{,}5 \cdot (Ra_s)^{0{,}25} \cdot (\frac{pr_{tut}}{pr_s})^{0{,}25}$	[2]
10	Issiqlik berish koeffitsiyenti	α_2	$\frac{Vt}{m^2 \cdot ℃}$	$\alpha_2 = \frac{Nu_s \cdot \lambda_s}{d_{exp}}$	[8]

3-jadval

Qovurg‘ali reaktorning issiqlik hisobi natijalari

T/r	$\boldsymbol{\alpha_1}$, $Vt/m^2 \cdot ℃$	$\boldsymbol{K}$ $Vt/m^2 \cdot ℃$	$\boldsymbol{Q}$ Vt	$\boldsymbol{\alpha_2}$ $Vt/m^2 \cdot ℃$	$\boldsymbol{K_q}$ $Vt/m^2 \cdot ℃$	$\boldsymbol{Q_q}$ Vt
1	**9,17**	**9,1**	**1091**	**1238**	**11,54**	**1758**

Muhokama. Qovurg‘ali piroliz reaktorinig issiqlik uzatish koeffitsiyentini hisoblaymiz:

$$K_q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot \varphi} + \frac{1}{\alpha_2}} = 11{,}54 \frac{Vt}{m^2 \cdot ℃}$$

Qovurg‘asiz tekis yuzali piroliz reaktorinig issiqlik hisob natijalari 3-jadvalga kiritildi.

Xulosa. Bajarilgan tadqiqon va hisob natijalari shuni ko‘rsatadiki, reaktorning konstruksiyasiga kiritilgan “qovurg‘alar” issiqlik uzatish jarayonini faollashtitish imkonini beradi. Ya’ni,

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 2, № 4-1
2024

$\frac{K_q}{K} = 1{,}26$, $\frac{Q_q}{Q} = 1{,}61$ ga teng bo‘lib, natijada issiqlik uzatish koeffitsiyenti 1,26 marta, uzatilgan issiqlik miqdori esa 1,61 martaga ortadi. Bajarilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra reaktorda issiqlik uzatish yuzasini oshirilishi natijasida tutun gazlarini ik-kilamchi issiqligini utilizatsiya darajasi ortadi, reaktorning F.I.K ni oshirish imkoniyati yaratiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Uzoqov G‘.N., Davlonov X.A.. Gelioissiqxonalarning energiya tejamkor isitish tizimlari. Monografiya, - T.: «Voris-nashriyot», 2019. 144 bet.
2. В. В. Хасхачих, О. М. Ларина, Г. А. Сычев, Г. Я. Герасимов, В. М. Зайченко, Пиролитические методы термической переработки твердых коммунальных отходов, ТВТ, 2021, том 59, выпуск 3, 467–480.
3. Uzakov, G. N, Davlonov X. A, Rustamov S. Sh. Biomassa pirolizi tajribalarining mahsulot balansi tahlili. G. N. Uzakov. Muqobil energetika. – 2023. – Vol. 9, No. 2. – P. 48-55.
4. Бухмиров В.В. Тепломассообмен: Учебник в 2-х т. Т.I/ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2023. – 364 с.
5. Совершенствование тепловой работы туннельных печей для обжига керамических изделий: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.14.04 / Ракутина Дарья Валериевна. - Иваново, 2006. - 26 с.
6. Таймаров М. А., Ахметова Р. В., Маргулис С. М., Касимова Л. И. Влияние кавитационной обработки на выгорание частиц мазута в топках котлов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2018. №9-10. (дата обращения: 14.11.2024).
7. Терех А. М., Шаповал О. Е., Письменный Е. Н. Среднеповерхностный теплообмен в поперечно-омываемых коридорных пучках труб с разрезным спиральноленточным оребрением // Промышленная теплотехника. – 2001. – Т. 23 – № 1-2 – с. 35- 41.
8. Юдин В.Ф. Теплообмен поперечно-оребренных труб. – Л.: Машиностроение, 1982. – 189 с.
9. Письменный Е. Н., Терех А. М. Обобщенный метод расчета конвективного теплообмена поперечно-омываемых пучков труб с внешним кольцевым и спиральноленточным оребрением // Теплоэнергетика. – 1993. – № 5. – с. 52-56.
10. Tony B. Challenges and Opportunities in Fast Pyrolysis of Biomass: Part I, Johnson Matthey Technology Review, Volume 62, Issue 1, Jan 2018, p. 118 – 130.
11. Uzoqov.G.N., Rustamov.S.Sh. Biochiqindilarni qayta ishlash zarurati va mamlakatdagi biomassa xom ashyo zaxirasi. Educational Research in Universal Sciences ISSN: 2181-3515 Volume 2. Special issue 5. 2023.
12. Rustamov Suhrob Shuhrat o‘g‘li. Efficiency of Thermal Recycling of Biowaste in the Energy Supply System of Greenhouses. (2022). The Peerian Journal, 10, 5–9.